

ข้อมูลข่าวสาร วศ.

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน  
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 6ว

วศ  
กว  
อว 1

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ  
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

เรื่องที่ 1

การเตรียมสารกรองเกลือบิวแมงกานีสไดออกไซด์ เพื่อกำจัดสนิมเหล็กในน้ำบาดาล

ของ

นายชัยวัฒน์ ธานีรัตน์

ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 5

กลุ่มวิจัยและพัฒนา 1

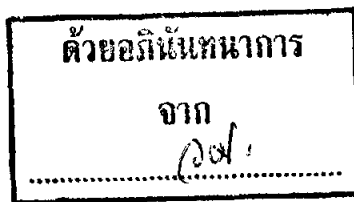
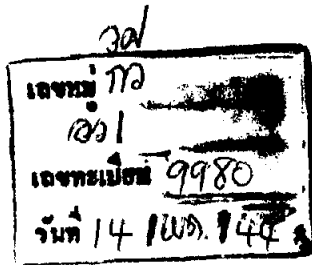
กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

### บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาเป็นการทดลองเตรียมสารกรองเคลือบผิวเมงกานีสไดออกไซด์เพื่อใช้กำจัดสารละลายเหล็กในน้ำบาดาล จากการทดลองพบว่าสามารถเตรียมได้โดยการใช้เม็ดทรายเคลือบผิวด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต แล้วทำการเผาทรายเคลือบที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อสลายสารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตให้เกิดเป็นสารเมงกานีสไดออกไซด์เกาะติดเม็ดทราย เมื่อนำสารกรองที่เตรียมได้ไปทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กในน้ำ พบว่าสารกรองที่เตรียมขึ้นมา นี้ มีประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กในน้ำได้เทียบเท่ากับสารกรองคุณภาพดีของต่างประเทศ สารกรองเคลือบผิวเมงกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมได้นี้ เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งแล้วพบว่าสามารถนำกลับมาฟื้นฟูประสิทธิภาพการใช้งานใหม่ได้อีก และจากการตรวจสอบผลการละลายของเมงกานีสที่ออกจากสารกรองพบว่าการละลายออกมาน้อยมากไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานน้ำดื่มของการประปานครหลวง



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1	1
บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการทดลอง	3
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	4
1.5 ระยะเวลาการทดลอง	4
บทที่ 2	5
การทดลอง	5
2.1 วัสดุอุปกรณ์	5
2.2 วิธีการทดลอง	6
2.2.1. การศึกษาทดลองเบื้องต้น	7
2.2.2. การทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรองเคลือบผิวเมงกานีสไดออกไซด์	9
2.2.3 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเปรียบเทียบระหว่างสารกรองเคลือบผิวเมงกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองที่ 2.2.2 กับสารกรองของต่างประเทศและทรายกรองธรรมดา	10



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ข้อดีและข้อเสียของขนาดเมล็ดทรายที่ใช้ทำสารกรอง	8
2.1 การทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรอง โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้เคลือบเมล็ดทราย	9
2.2 การทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรอง โดยเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใช้เผาสารเคลือบ	10
2.3 การทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรอง โดยเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้เผาสารเคลือบ	10
2.4 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเปรียบเทียบระหว่างสารกรองที่เตรียมขึ้น กับสารกรองของต่างประเทศ	11
3.1 แสดงผลการคัดแยกขนาดเมล็ดทรายเมื่อใช้ทรายหยาบ 100 ลิตร	13
3.2 เปรียบเทียบผลที่ได้และความยุ่งยากในการระเหยแห้งด้วยวิธีต่างๆ	14
3.3 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่เตรียมขึ้นโดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ปริมาณ 10 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และผลทดสอบประสิทธิ ภาพในการกำจัดเหล็ก	15
3.4 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่เตรียมขึ้นโดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ปริมาณ 30 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และผลทดสอบประสิทธิ ภาพในการกำจัดเหล็ก	15
3.5 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่เตรียมขึ้นโดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ปริมาณ 50 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และผลทดสอบประสิทธิ ภาพในการกำจัดเหล็ก	16



## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
3.15 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ปริมาณ 50 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 7 ชั่วโมง และผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก	22
3.16 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ได้จากสภาวะการเตรียมที่ดีที่สุด ณ อุณหภูมิ การเผา 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง	23
3.17 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองต่างประเทศยี่ห้อ A และผลทดสอบประสิทธิภาพ ในการกำจัดเหล็ก	24
3.18 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองต่างประเทศยี่ห้อ B และผลทดสอบประสิทธิภาพ ในการกำจัดเหล็ก	24
3.19 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของทรายกรองธรรมดา และผลทดสอบประสิทธิภาพ ในการกำจัดเหล็ก	25
3.20 แสดงผลการทดสอบการใช้งานต่อเนื่องของสารกรองที่เตรียมขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุด	26
3.21 แสดงผลการทดสอบการใช้งานต่อเนื่องของสารกรองต่างประเทศยี่ห้อ A	26
3.22 เปรียบเทียบปริมาณแมงกานีสที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำที่ผ่านการกรองด้วยสารกรองชนิดต่าง ๆ	27

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 สถานะต่างๆ ของเหล็กที่มีอยู่ในน้ำ	2
2.1 แสดงท่อกรองที่ใช้ทดสอบสารกรอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร ความสูง 100 เซนติเมตร	6
2.2 แสดงขั้นตอนการทดลองการเตรียมสารกรองเคลือบผิวเมงกานีสไดออกไซด์	7
2.3 แสดงขั้นตอนการทดสอบการใช้งานต่อเนื่องของสารกรอง	12
3.1 แสดงเปรียบเทียบผลการทดสอบสารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ปริมาณ 10, 30, 50, 70, และ 100 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง	17
3.2 แสดงเปรียบเทียบผลการทดสอบสารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ปริมาณ 50 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 300°, 500, 700° และ 900°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง	20
3.3 แสดงเปรียบเทียบผลการทดสอบสารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ปริมาณ 50 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 1, 3, 5 และ 7 ชั่วโมง	23
3.4 แสดงประสิทธิภาพการใช้งานเปรียบเทียบระหว่างสารกรองเคลือบผิวเมงกานีส ไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้น กับสารกรองของต่างประเทศ และทรายกรองธรรมดา	25
3.5 แสดงผลการทดสอบการใช้งานอย่างต่อเนื่อง เปรียบเทียบระหว่างสารกรองเคลือบผิวเมงกานีส ไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้น ด้วยสถานะที่ดีที่สุดกับสารกรองของต่างประเทศ	27



## บทที่ 1

### บทนำ

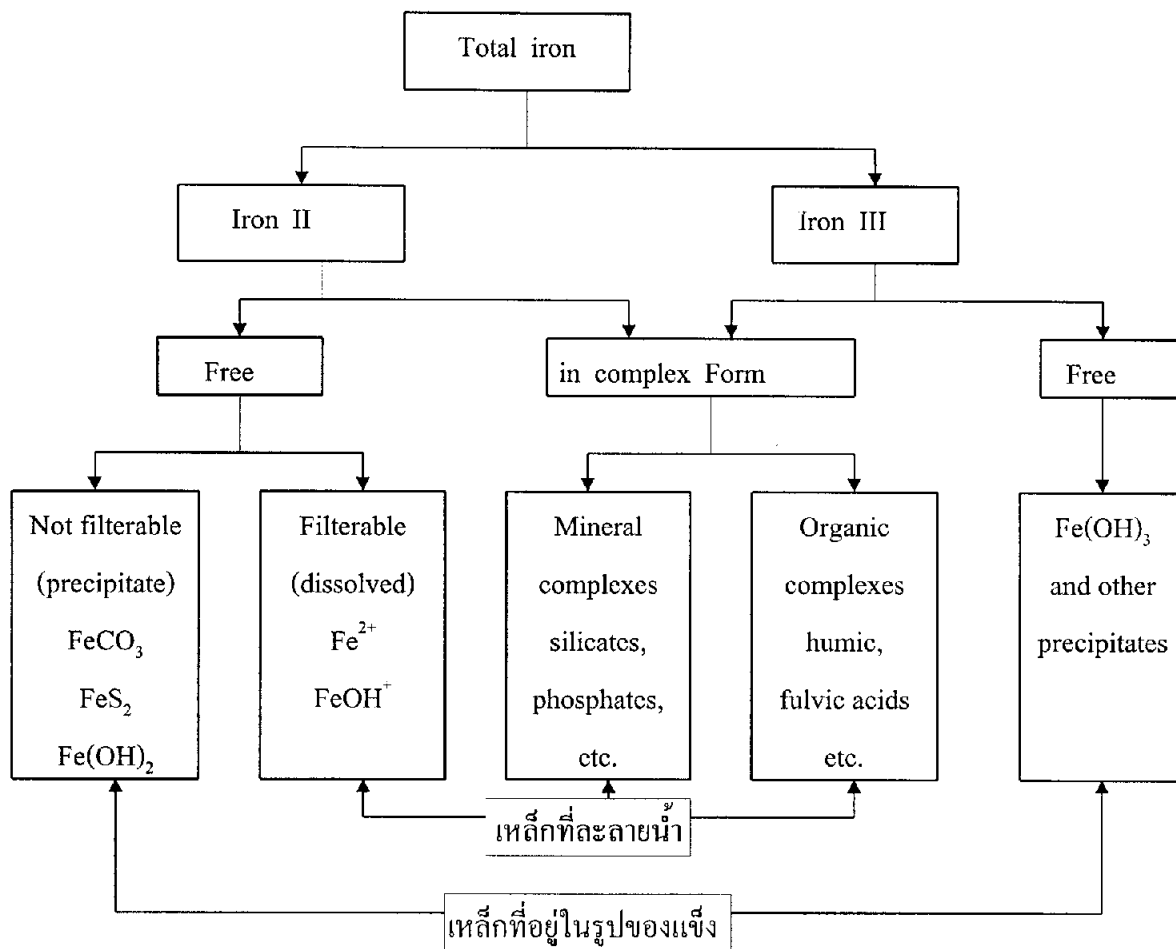
#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หมู่บ้านในชนบทและหมู่บ้านจัดสรรแถบชานเมือง และโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปกว่า ร้อยละ 80 สูบน้ำบาดาลมาใช้โดยส่วนใหญ่ไม่ได้มีการกำจัดสิ่งสกปรกออกจากน้ำเสียก่อน สนิม เหล็กเป็นสิ่งสกปรกอย่างหนึ่งที่ก่อปัญหาให้แก่ผู้ใช้น้ำบาดาลคือ ทำให้น้ำมีสีแดงและมีกลิ่นเมื่อนำ มาใช้ซักล้าง ก็ทำให้เสื้อผ้าเปรอะเปื้อนและเกิดคราบสนิมขึ้นกับเครื่องสุขภัณฑ์

เหล็กมีในน้ำธรรมชาติส่วนใหญ่ โดยเฉพาะน้ำบาดาล จะพบเหล็กอยู่ด้วยเสมอ เหล็ก ในน้ำบาดาล มักละลายอยู่ในรูปเฟอร์รัสไบคาร์บอเนต ( $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ ) เฟอร์รัสซัลเฟต ( $\text{FeSO}_4$ ) หรือเฟอร์รัสคลอไรด์ ( $\text{FeCl}_2$ ) ขณะที่สูบน้ำขึ้นจากใต้ดิน น้ำบาดาลจะใสเพราะเหล็กละลายอยู่ในน้ำในรูป เหล็กเฟอร์รัส ( $\text{Fe}^{2+}$ ) แต่น้ำจะขุ่นเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ทั้งนี้เพราะเหล็ก เฟอร์รัสจะถูกออกซิไดส์กลายเป็นเหล็กเฟอร์ริก ดังสมการที่ (1.1) และ (1.2)



ความขุ่นที่เกิดขึ้นเป็นอนุภาคของ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  นั่นเอง สถานะต่างๆของเหล็กที่มีอยู่ในน้ำ ดังแสดง ในรูปที่ 1

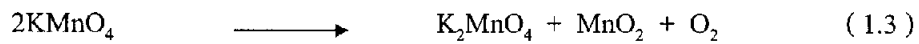


รูปที่ 1 สถานะต่างๆ ของเหล็กที่มีอยู่ในน้ำ

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็ก และวิธีกำจัดเหล็ก มักอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันในการเปลี่ยน  $Fe^{2+}$  ซึ่งละลายน้ำ ให้เป็น  $Fe^{3+}$  ซึ่งตกผลึกได้ง่ายกว่า สารเคมีที่ใช้ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับเหล็ก ที่นิยมใช้ ได้แก่ ออกซิเจน คลอรีน โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และ สารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ โดยในขั้นตอนจะใช้ ออกซิเจน เนื่องจากเป็นก๊าซที่อยู่ในอากาศทั่วไป แต่ออกซิเจนมีประสิทธิภาพไม่พอเพียง จำเป็นต้องใช้คลอรีน ( $Cl_2$  หรือ  $ClO_2$ ) หรือ โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ในขั้นตอนที่สอง

ปัจจุบันนิยมทำการแยกสนิมเหล็กออกโดยใช้สารกรองที่เคลือบผิวด้วยสารแมงกานีสไดออกไซด์ ซึ่งเป็นวิธีการที่สะดวก การบำบัดไม่ยุ่งยากซับซ้อนบำรุงรักษาง่าย สารกรองทำหน้าที่ให้ออกซิเดชันเหล็กเฟอร์รัสให้ตกตะกอนเป็นเหล็กเฟอร์ริกและเป็นตัวกรองตะกอน

การเกิดสารเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ วิธีการหนึ่งที่ทำได้คือการเผาละลายตัวสารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ให้เกิดเป็นสารแมงกานีสไดออกไซด์ ดังสมการที่แสดงต่อไปนี้คือ



สารกรองดังกล่าวยังไม่มีการผลิตในประเทศต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศทั้งสิ้น จึงน่าจะทำการวิจัยและพัฒนาเพื่อผลิตสารกรองชนิดนี้ขึ้นใช้เอง ในการศึกษาวิจัยนี้จะทดลองใช้เม็ดทรายซึ่งเป็นวัสดุคืบภายในประเทศมาเป็นตัวพุง

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 พัฒนารูปวิธีการทำสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ โดยใช้เม็ดทรายเป็นตัวพุง

1.2.2 เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมสารกรองที่มีประสิทธิภาพในการใช้กำจัดสารละลายเหล็กในน้ำบาดาล สำหรับใช้อุปโภคและบริโภค

## 1.3 ขอบเขตการทดลอง

การทดลองได้ดำเนินการเป็นขั้นตอนและมีขอบเขตของแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1.3.1 การศึกษาทดลองเบื้องต้นเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการเคลือบผิวทรายด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

1.3.2 การทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ที่ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำได้ดีที่สุด โดยนำเม็ดทรายมาเคลือบด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตตามวิธีที่เหมาะสมซึ่งได้จากการทดลองที่ 1.3.1 จากนั้นจึงนำเม็ดทรายที่เคลือบแล้ว

ไปเผาเพื่อให้โพแทสเซียมเพอร์แมงกานีสละลายตัวเป็นแมงกานีสไดออกไซด์ และนำสารกรองที่ได้มาทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน การทดลองนี้ได้ทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมเพอร์แมงกานีสที่ใช้เคลือบเม็ดทราย อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผา เพื่อหาสภาวะที่ดีที่สุด

1.3.3 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเปรียบเทียบระหว่างสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุดกับสารกรองของต่างประเทศ และทรายกรองธรรมดา

1.3.4 การทดสอบการใช้งานอย่างต่อเนื่องเปรียบเทียบระหว่างสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุดกับสารกรองของต่างประเทศ ทั้งนี้เพราะว่าสารกรองเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งแล้วประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กจะเริ่มลดลงจนหมดประสิทธิภาพ ต้องทำการฟื้นฟูประสิทธิภาพก่อนการใช้งานใหม่ การทดลองขั้นตอนนี้ทำโดยนำสารกรองที่เตรียมขึ้นและสารกรองของต่างประเทศไปแช่ในสารละลายเหล็กเข้มข้น เพื่อให้สารกรองหมดประสิทธิภาพ แล้วจึงนำมาฟื้นฟูประสิทธิภาพใหม่โดยการนำไปแช่ในสารละลายโพแทสเซียมเพอร์แมงกานีส แล้วล้างให้สะอาดจึงนำมาทดสอบการใช้งานใหม่ เพื่อแสดงให้เห็นว่าสารกรองที่เตรียมขึ้นนั้นสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับของต่างประเทศ

1.3.5 การทดสอบหาปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมาจากสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุดและสารกรองของต่างประเทศเพื่อตรวจสอบปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมากับน้ำที่กรองได้

#### 1.4. ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ได้วิธีการผลิตสารกรองสำหรับกำจัดสนิมเหล็กในน้ำบาดาลเป็นแนวทางส่งเสริมให้มีการผลิตในประเทศ ช่วยลดการนำเข้าสารกรองประเภทนี้ และทำให้มีราคาถูกลง มีการนำสารกรองมาใช้อย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น สามารถแก้ปัญหาให้กับผู้ใช้น้ำบาดาลได้

1.4.2 เพิ่มมูลค่าและใช้ประโยชน์ทรายในประเทศ

1.5 ระยะเวลาการทดลอง ตุลาคม 2538 – มีนาคม 2540

## บทที่ 2

### การทดลอง

#### 2.1 วัสดุอุปกรณ์

การเตรียมสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมสารกรองทดสอบสารกรอง และวิเคราะห์ผลได้แก่

##### 2.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้เตรียมสารกรอง

- ตะแกรงร่อนเบอร์ 8 (Mesh No 8) และเบอร์ 20 (Mesh No 20) ใช้สำหรับคัดขนาดเม็ดทราย
- แท่นให้ความร้อน (HOT PLATE) ทำหน้าที่ให้ความร้อนขณะทำการเคลือบสารกรองเพื่อระเหยสารเคลือบให้เกาะติดเม็ดทราย
- กระทะเหล็ก พร้อมพายกวน ใช้เป็นภาชนะเคลือบสารกรอง
- เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ใช้ตรวจเช็คอุณหภูมิสารกรองขณะทำการเคลือบ
- ตู้อบความร้อน ใช้ทดลองอบสารเคลือบ
- เตาเผา ใช้เผาสารกรองต่อจากขั้นตอนการเคลือบ อุณหภูมิที่ใช้ระหว่าง 300° - 900°ซ.

##### 2.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบสารกรอง

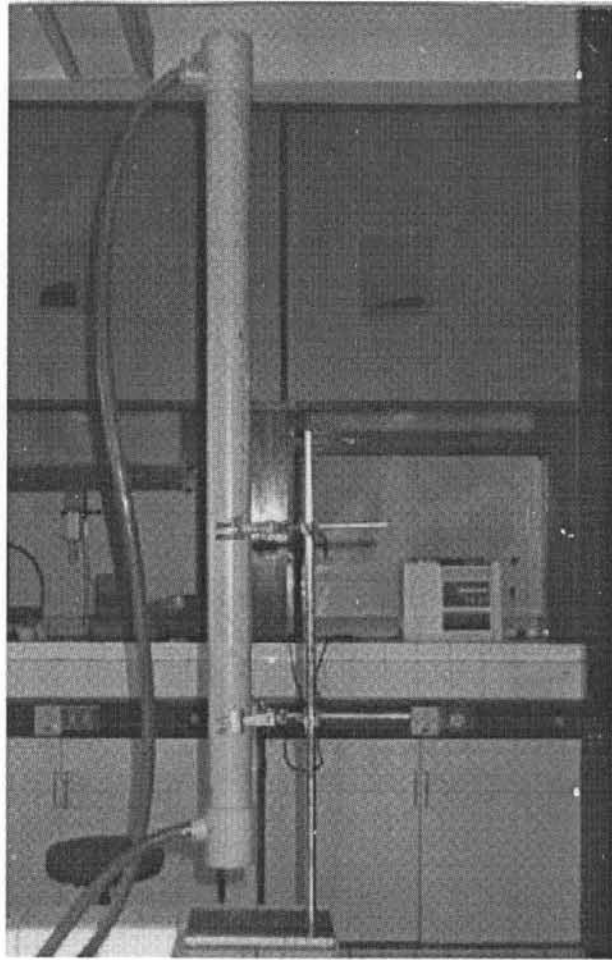
- ถังบรรจุน้ำ ใช้บรรจุสารละลายเหล็กที่ใช้ทดสอบ
- ท่อกรองขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร ภายในบรรจุสารกรองที่จะทดสอบจำนวน 1 ลิตร ทำหน้าที่ใช้ทดสอบสารกรอง ดังแสดงในรูปที่ 2.1

##### 2.1.3 เครื่องมือวิเคราะห์

- เครื่อง Atomic absorption spectroscopy (AA) ทำหน้าที่ในการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและแมงกานีสที่ละลายอยู่ในน้ำ

##### 2.1.4 วัสดุดิบ

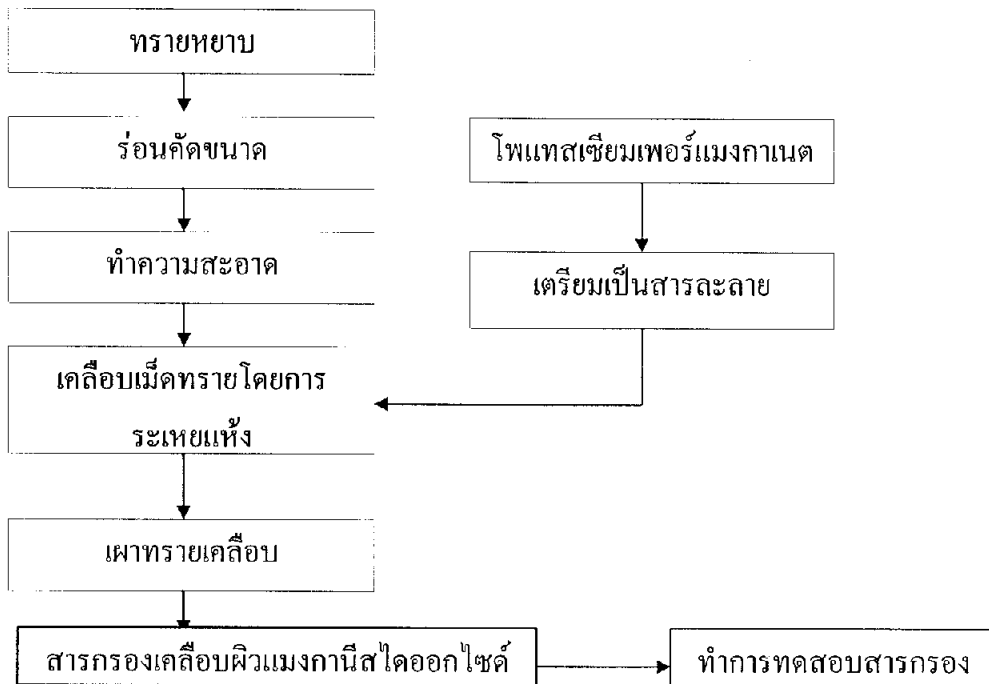
- ทรายหยาบชนิดที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไป ใช้เป็นตัวพูนในการเตรียมสารกรอง
- สารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตชนิดทั่วไป ใช้เคลือบผิวทรายในการเตรียมสารกรอง
- ผงเหล็ก (Iron powder, U.S.P.) ใช้เตรียมสารละลายเหล็กเพื่อใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 2.1 แสดงท่อกรองที่ใช้ทดสอบสารกรอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร

## 2.2 วิธีการทดลอง

การทดลองเตรียมสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ ได้ทำการทดลองเป็นลำดับขั้นตอนคือ การทดลองเบื้องต้นเพื่อหาวิธีการเคลือบ โปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตให้เกาะติดเม็ดทราย การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเปรียบเทียบระหว่างสารกรองที่เตรียมขึ้นกับสารกรองของต่างประเทศและทรายกรองธรรมดา และทดสอบหาปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมาจากสารกรอง ขั้นตอนการ เตรียมสารกรองแสดงอยู่ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการทดลองการเตรียมสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์

และมีรายละเอียดการทดลองดังนี้

### 2.2.1. การศึกษาทดลองเบื้องต้น

การศึกษาทดลองนี้เป็นการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการเคลือบผิวเม็ดทรายด้วยโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตการเพื่อนำวิธีดังกล่าวไปใช้ในการเตรียมสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ในการทดลองต่อไป การทดลองทำโดย

2.2.1.1 การคัดขนาดทราย เนื่องจากทรายหยาบที่ซื้อมาจากร้านวัสดุก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครประกอบด้วยเม็ดทรายหลายขนาดไม่เหมาะสมที่จะนำมาทำสารกรองที่ดีได้เพราะว่าสารกรองที่ใช้สำหรับกำจัดสารละลายเหล็กที่ดีต้องยอมให้น้ำไหลผ่านได้ดีและมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง ขนาดของเม็ดทรายที่เหมาะสมสำหรับทำสารกรองควรมีขนาด 1-2 มิลลิเมตร การคัดขนาดเม็ดทรายและหาปริมาณที่ได้ ทำโดยนำทรายหยาบมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8 และเบอร์ 20 จากนั้นคัดเอาเฉพาะ เม็ดทรายที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 8 แต่ไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 20 นำมาคำนวณหาปริมาณและทำความสะอาดก่อนนำไปทำการเคลือบผิว ข้อดีและข้อเสียของขนาดเม็ดทรายที่ใช้ทำสารกรองแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อดีและข้อเสียของขนาดเม็ดทรายที่ใช้ทำสารกรอง

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดทราย	การไหลผ่านของน้ำ	พื้นที่ผิวต่อปริมาตร
1.ขนาดมากกว่า 2 มิลลิเมตร	ดีมาก	น้อย
2.ขนาด 1-2 มิลลิเมตร	ดี	สูง
3.ขนาดต่ำกว่า 1 มิลลิเมตร	ช้ำมาก	สูงมาก

2.2.1.2 การเคลือบผิว ทำการเคลือบผิวเม็ดทรายด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต โดยทำเป็นขั้นตอน คือ

1. ทำความสะอาดเม็ดทรายที่ได้จากการคัดขนาดโดยการล้างด้วยน้ำ และตวงมาทำการเคลือบผิวครั้งละ 1.2 ลิตร
2. ชั่งโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตจำนวน 100 กรัม มาละลายในน้ำทำให้เป็นสารละลายจำนวน 1 ลิตร
3. ระบายสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตให้แห้งเกาะติดเม็ดทราย

ในการระบายสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตให้แห้งเกาะติดเม็ดทรายทำการทดลอง 4 วิธีเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้และความยุ่งยากในการทำ วิธีทั้งสี่มีดังนี้

วิธีที่ 1. คลุกเม็ดทรายกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต แล้วให้ความร้อนบนแท่นความร้อน (HOT PLATE) โดยไม่มีการคนจนสารละลายแห้ง

วิธีที่ 2. คลุกเม็ดทรายกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต แล้วนำไประเหยน้ำออกในตู้อบจนสารละลายแห้ง

วิธีที่ 3. ให้ความร้อนเม็ดทราย ให้ร้อนต่อเนื่องแล้วค่อย ๆ พ่นละอองของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตลงไปอย่างช้าๆ คนให้แห้งทำงานสารละลายหมด

วิธีที่ 4. คลุกเม็ดทรายกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต แล้วระเหยน้ำ ออกจนสารละลายเริ่มหมด จึงเริ่มคนคลุกตลอดเวลาจนเม็ดทรายเคลือบแห้ง

4. การประเมินผลว่าวิธีการใดให้สารเคลือบที่ดี ทำโดยตรวจพินิจความสม่ำเสมอของผิวเคลือบด้วยตาเปล่า เลือกวิธีที่ดีที่สุดใช้ในการเตรียมสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์



### 2.2.2. การทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรองเคลือบผิวเมงกานีสไดออกไซด์

ทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรองเคลือบผิวเมงกานีสไดออกไซด์ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำ ทำโดยนำทรายที่คัดขนาดและทำความสะอาดแล้ว จำนวน 1.2 ลิตร เคลือบด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ด้วยวิธีที่ได้จากการศึกษาทดลองเบื้องต้น จากนั้นจึงนำเม็ดทรายที่เคลือบแล้วไปเผาเพื่อให้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต สลายตัวเป็นเมงกานีสไดออกไซด์ได้เป็นสารกรองตามที่ต้องการ

การทดลองนี้ได้ทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้เคลือบเม็ดทราย อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผา เพื่อหาสภาวะที่ดีที่สุด โดยมีรายละเอียดการทดลองดังนี้

2.2.2.1 การทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรอง โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้เคลือบเม็ดทรายตั้งแต่ 10-100 กรัม และทำการเผาที่อุณหภูมิคงที่ ที่ 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมงรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรอง โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้เคลือบเม็ดทราย

การทดลองที่	ปริมาณ โพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต(กรัม)	อุณหภูมิที่ใช้เผา (°ซ.)	เวลาที่ทำการเผา (ชั่วโมง)
1-1	10	500	5
1-2	30	500	5
1-3	50	500	5
1-4	70	500	5
1-5	100	500	5

2.2.2.2 การทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรอง โดยใช้ปริมาณโพแทสเซียมเปอร์แมงกานेटที่ใช้เคลือบเม็ดทราย 50 กรัมคงที่ เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใช้เผาจาก 300° - 900°ซ. ทำการเผาเป็นเวลา 5 ชั่วโมง คงที่ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรอง โดยเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใช้เผาสารเคลือบ

การทดลองที่	ปริมาณโพแทสเซียมเปอร์แมงกานेट(กรัม)	อุณหภูมิที่ใช้เผา (°ซ.)	เวลาที่ทำการเผา (ชั่วโมง)
2-1	50	300	5
2-2	50	500	5
2-3	50	700	5
2-4	50	900	5

2.2.2.3 การทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรอง โดยใช้ปริมาณโพแทสเซียมเปอร์แมงกานेटที่ใช้เคลือบเม็ดทราย 50 กรัม และทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. คงที่ เปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้เผาจาก 1-7 ชั่วโมง รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรอง โดยเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้เผาสารเคลือบ

การทดลองที่	ปริมาณโพแทสเซียมเปอร์แมงกานेट(กรัม)	อุณหภูมิที่ใช้เผา (°ซ.)	เวลาที่ทำการเผา (ชั่วโมง)
3-1	50	500	1
3-2	50	500	3
3-3	50	500	5
3-4	50	500	7

2.2.3 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเปรียบเทียบ ระหว่างสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองที่ 2.2.2 กับสารกรองของต่างประเทศ และทรายกรองธรรมดา ทำโดยนำสารกรองที่จะทดสอบการใช้งานจำนวน 1 ลิตร บรรจุในท่อกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร ความสูงของสารกรองในท่อกรอง 80 เซนติเมตร ความสูงของท่อกรอง 100 เซนติเมตร ให้น้ำที่มีสารละลายเหล็กเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/

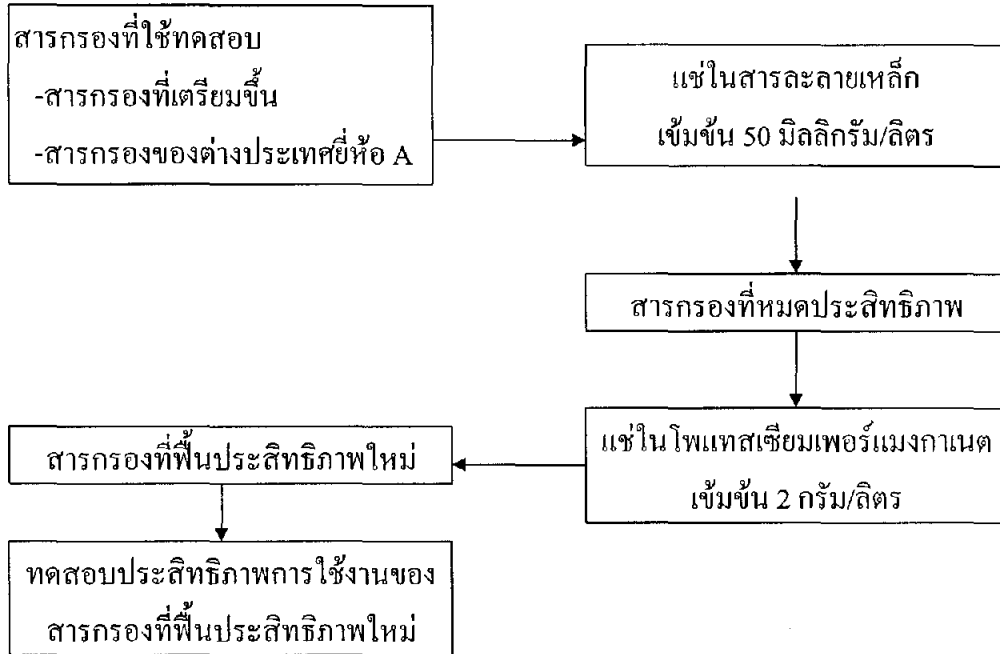
ลิตร ไหลผ่านในอัตราการไหล 1 ลิตร/นาทิจำนน้ำที่มีสารละลายเหล็กเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ใช้เป็นตัวแทนของน้ำบาดาลโดยทั่วไป ที่มีความเข้มข้นของเหล็กระหว่าง 0–5 มิลลิกรัม/ลิตร และเก็บตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการกรองเป็นระยะทุก 10 หรือ 20 ลิตรจนครบ 240 ลิตร ไปวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กที่ละลายอยู่ในน้ำ เพื่อใช้คำนวณประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กของสารกรองที่ทดสอบ ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectroscopy (AA) รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเปรียบเทียบระหว่างสารกรองที่เตรียมขึ้นกับสารกรองของต่างประเทศ

การทดลองที่	สารกรองที่ใช้ทดสอบ
4-1	สารกรองเตรียมขึ้น
4-2	สารกรองของต่างประเทศยี่ห้อ A
4-3	สารกรองของต่างประเทศยี่ห้อ B
4-4	ทรายกรองธรรมดา

2.2.4 การทดสอบการใช้งานอย่างต่อเนื่อง เปรียบเทียบระหว่างสารกรองเคลือบผิวเมกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นด้วยสถานะที่ดีที่สุดกับสารกรองของต่างประเทศ ทั้งนี้เพราะว่าสารกรองเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งแล้วประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กจะเริ่มลดลงจนหมดประสิทธิภาพ ต้องทำการฟื้นฟูประสิทธิภาพก่อนการใช้งานใหม่ การทดลองขั้นตอนนี้ทดสอบการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ทำโดยนำสารกรองที่เตรียมขึ้นและสารกรองของต่างประเทศจำนวน 1 ลิตร ไปแช่ในสารละลายเหล็กเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง เพื่อให้สารกรองหมดประสิทธิภาพครั้งหนึ่งก่อน แล้วจึงนำมาฟื้นฟูประสิทธิภาพใหม่โดยนำไปแช่ในสารละลายโพแทสเซียมเปอร์เมกานีสเข้มข้น 2 กรัม/ลิตร เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง ล้างสารกรองด้วยน้ำธรรมดาจนใส นำสารกรองไปทดสอบการใช้งานจำนวน 1 ลิตร บรรจุในท่อกรอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร ความสูงของสารกรองในท่อกรอง 80 เซนติเมตร ความสูงของท่อกรอง 100 เซนติเมตร ให้น้ำที่มีสารละลายเหล็กเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ไหลผ่านในอัตราการไหล 1 ลิตร/นาทิจำเก็บตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการกรองเป็นระยะทุก 10 หรือ 20 ลิตรจนครบ 240 ลิตร ไปวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กที่ละลายอยู่ในน้ำ ใช้คำนวณประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กของ

สารกรองที่ทดสอบ เพื่อแสดงความสามารถในการใช้งานได้อย่างต่อเนื่องของสารกรอง ดั้งชั้น  
ตอนแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการทดสอบการใช้งานต่อเนื่องของสารกรอง

2.2.5 การทดสอบหาปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมาจากสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุดและสารกรองของต่างประเทศ เพื่อตรวจสอบปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมากับน้ำที่กรองได้ ซึ่งมาตรฐานน้ำดื่มของการประปานครหลวงยอมให้มีแมงกานีสได้ไม่เกิน 0.30 มิลลิกรัม/ลิตร การทดลองทำโดยนำสารกรองที่เตรียมขึ้นและสารกรองของต่างประเทศจำนวน 1 ลิตร บรรจุในท่อกรอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร ความสูงของสารกรองในท่อกรอง 80 เซนติเมตร ความสูงของท่อกรอง 100 เซนติเมตร ให้น้ำประปาไหลผ่านในอัตราการไหล 1 ลิตร/นาที เก็บตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการกรองเป็นระยะทุก 20 ลิตร จนครบ 80 ลิตร ไปวิเคราะห์หาปริมาณแมงกานีสที่ละลายอยู่ในน้ำ

### บทที่ 3

#### ผลการทดลอง

การทดลองการเตรียมสารกรองเคลือบผิวเมงกานีสไดออกไซด์ แสดงผลการทดลองเป็นลำดับ  
ขั้นตอน ดังนี้

3.1. **ผลการศึกษาทดลองเบื้องต้น** เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการเคลือบผิวเม็ดทรายด้วย  
โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต เพื่อนำวิธีดังกล่าวไปใช้ในการเตรียมสารกรองเคลือบผิวเมงกานีสได  
ออกไซด์

3.1.1 **ผลการคัดขนาดทราย** คัดขนาดโดยนำทรายหยาบมาร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8 และเบอร์  
20 คัดเอาเฉพาะเม็ดทรายที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 8 แต่ไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 20 แสดงผลการคัดแยกขนาดเม็ด  
ทรายในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการคัดแยกขนาดเม็ดทรายเมื่อใช้ทรายหยาบ 100 ลิตร

การคัดแยกทรายด้วยตะแกรงร้อน	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กลางของเม็ดทราย (มิลลิเมตร)	ปริมาตรของ ขนาดเม็ดทรายที่ คัดได้ (ลิตร)	คิดเป็นร้อยละ
1. ส่วนที่ค้างอยู่บนตะแกรงร้อนเบอร์ 8	> 2	15	15
2. ส่วนที่ค้างอยู่บนตะแกรงร้อนเบอร์ 20	1-2	30	30
3. ส่วนที่ผ่านตะแกรงร้อนเบอร์ 20	< 1	55	55

3.1.2 **ผลการเคลือบผิว** ด้วยวิธีระเหยสารละลายโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตให้แห้งเกาะติดเม็ด  
ทรายที่แตกต่างกัน 4 วิธี

วิธีที่ 1. คลุกเม็ดทรายกับสารละลายโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต แล้วให้ความร้อนบนแท่นความ  
ร้อน (HOT PLATE) โดยไม่มีการกวนจนสารละลายแห้ง

วิธีที่ 2. คลุกเม็ดทรายกับสารละลายโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต แล้วนำไปประเหยน้ำออกในตู้อบ  
จนสารละลายแห้ง

วิธีที่ 3. ให้ความร้อนเม็ดทราย ให้ร้อนต่อเนื่องแล้วค่อย ๆ พ่นละอองของสารละลายโพแทสเซียม  
เพอร์แมงกาเนตลงไปอย่างช้า ๆ คนให้แห้งทำจนสารละลายหมด

วิธีที่ 4. คลุกเม็ดทรายกับสารละลายโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต แล้วระเหยน้ำ ออกจนสารละลายเริ่มหมาด จึงเริ่มคนคลุกตลอดเวลาจนเม็ดทรายเคลือบแห้ง แสดงผลการทดลองในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบผลที่ได้และความยุ่งยากในการระเหยแห้งด้วยวิธีต่างๆ

วิธีที่	ความสม่ำเสมอในการเคลือบ	ความสะดวก/ยุ่งยากของกรรมวิธี
1	ไม่สม่ำเสมอ	ง่าย
2	ไม่สม่ำเสมอ	ง่าย
3	สม่ำเสมอ	ยุ่งยาก
4	สม่ำเสมอ	ง่าย

จากการเปรียบเทียบการเคลือบทั้ง 4 วิธี พบว่าวิธีที่ 4 เป็นการคลุกเม็ดทรายกับสารละลายโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต แล้วระเหยน้ำออกจนสารละลายเริ่มหมาด จึงคนคลุกตลอดเวลาจนเม็ดทรายเคลือบแห้ง เป็นวิธีที่ง่ายและให้ผลการเคลือบติดดีสม่ำเสมอ เหมาะสมในการใช้เป็นวิธีเคลือบสารกรอง

### 3.2. ผลการทดลองเพื่อหาสถานะการเตรียมสารกรองเคลือบผิวเมงกานีสไดออกไซด์

ผลการทดลองทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้เคลือบเม็ดทราย อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผา เพื่อหาสถานะที่ดีที่สุด โดยมีรายละเอียดผลการทดลองดังนี้

3.2.1 ผลการทดลองเพื่อหาสถานะการเตรียมสารกรอง โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้เคลือบเม็ดทรายตั้งแต่ 10-100 กรัม และทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง คงที่ แสดงในตารางที่ 3.3-3.7 ตามลำดับ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กแสดงในรูปที่ 3.1

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ปริมาณ 10 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 1 - 1			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
10	5.31	0.00	100.00
20	5.31	0.00	100.00
30	5.31	0.00	100.00
40	5.31	0.19	96.42
50	5.31	1.12	78.91
60	5.31	1.37	74.20
70	5.31	0.91	82.86
80	5.31	2.70	49.15
100	5.68	2.53	55.46
120	5.68	3.00	47.18
140	5.68	2.68	52.82
160	5.68	0.87	84.68

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ปริมาณ 30 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 1 - 2			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
10	4.87	0.13	97.33
20	4.87	0.00	100.00
30	4.87	0.00	100.00
40	4.87	0.00	100.00
50	4.87	0.00	100.00
60	4.87	0.00	100.00
70	4.87	0.00	100.00
80	4.87	0.52	89.32
100	5.10	0.69	86.47
120	5.10	0.63	87.65
140	5.10	0.56	89.02
160	5.10	0.86	83.14

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง

**ตารางที่ 3.5** แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตปริมาณ 50 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 1 - 3			
ปริมาณการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
10	5.08	0.00	100.00
20	5.08	0.00	100.00
30	5.08	0.00	100.00
40	5.08	0.00	100.00
50	5.08	0.00	100.00
60	5.08	0.00	100.00
70	5.08	0.00	100.00
80	5.08	0.00	100.00
100	5.11	0.13	97.46
120	5.11	0.00	100.00
140	5.11	0.00	100.00
160	5.11	0.00	100.00

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง

**ตารางที่ 3.6** แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตปริมาณ 70 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 1 - 4			
ปริมาณการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
10	5.25	0.32	93.90
20	5.25	0.00	100.00
30	5.25	0.00	100.00
40	5.25	0.00	100.00
50	5.25	0.00	100.00
60	5.25	0.00	100.00
70	5.25	0.00	100.00
80	5.25	0.00	100.00
100	5.22	0.00	100.00
120	5.22	0.00	100.00
140	5.22	0.00	100.00
160	5.22	0.00	100.00

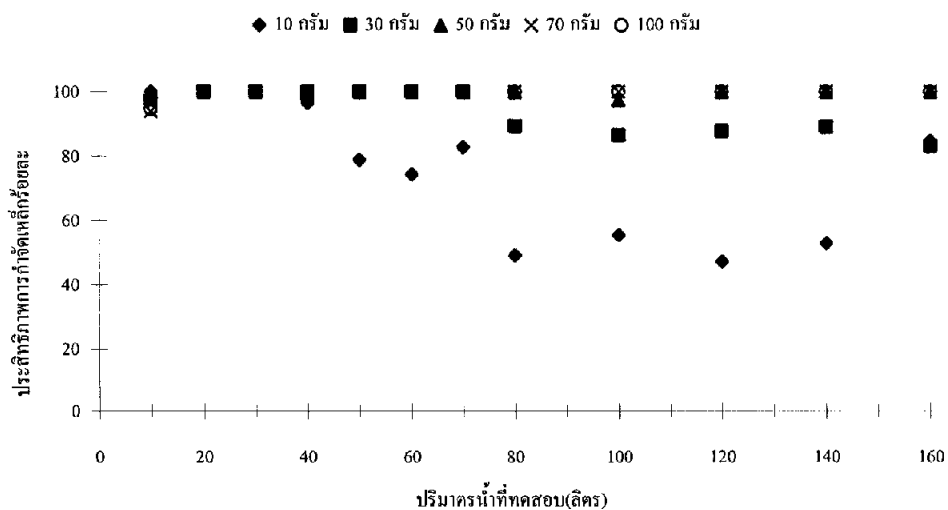
หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง



ตารางที่ 3.7 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ปริมาณ 100 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 1 - 5			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
10	5.14	0.27	94.75
20	5.14	0.00	100.00
30	5.14	0.00	100.00
40	5.14	0.11	97.86
50	5.14	0.00	100.00
60	5.14	0.00	100.00
70	5.14	0.00	100.00
80	5.14	0.00	100.00
100	5.08	0.00	100.00
120	5.08	0.00	100.00
140	5.08	0.00	100.00
160	5.08	0.00	100.00

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง



รูปที่ 3.1 แสดงเปรียบเทียบผลการทดสอบสารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ปริมาณ 10, 30, 50, 70, และ 100 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

3.2.2 ผลการทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรอง โดยใช้ปริมาณโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้เคลือบเม็ดทราย 50 กรัมคงที่ เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใช้เผาจาก 300° - 900°ซ. และทำการเผาเป็นเวลา 5 ชั่วโมง คงที่ แสดงในตารางที่ 3.8-3.11 ตามลำดับ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดเหล็ก แสดงในรูปที่ 3.2

ตารางที่ 3.8 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่เตรียมขึ้นโดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตปริมาณ 50 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 300°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 2 - 1			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
10	4.90	0.92	81.22
20	4.90	0.54	88.98
30	4.90	0.28	94.29
40	4.90	0.00	100.00
50	4.90	0.00	100.00
60	4.90	0.00	100.00
70	4.90	0.00	100.00
80	4.90	0.00	100.00
100	4.97	0.45	90.95
120	4.97	0.80	83.90
140	4.97	1.07	78.47
160	4.97	1.32	73.44

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง

**ตารางที่ 3.9** แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่เตรียมขึ้นโดยใช้โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต ปริมาณ 50 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 2 - 2			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
10	5.08	0.00	100.00
20	5.08	0.00	100.00
30	5.08	0.00	100.00
40	5.08	0.00	100.00
50	5.08	0.00	100.00
60	5.08	0.00	100.00
70	5.08	0.00	100.00
80	5.08	0.00	100.00
100	5.11	0.13	97.46
120	5.11	0.00	100.00
140	5.11	0.00	100.00
160	5.11	0.00	100.00

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง

**ตารางที่ 3.10** แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่เตรียมขึ้นโดยใช้โพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตปริมาณ 50 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 700°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

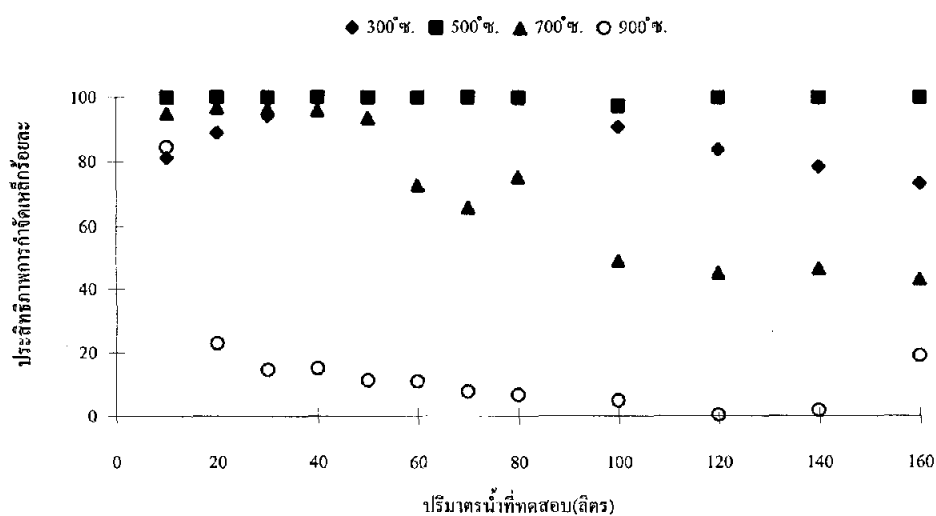
การทดลองที่ 2 - 3			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
10	4.92	0.24	95.12
20	4.92	0.16	96.75
30	4.92	0.17	96.54
40	4.92	0.19	96.14
50	4.92	0.31	93.70
60	4.92	1.34	72.76
70	4.92	1.68	65.85
80	4.92	1.21	75.41
100	5.07	2.58	49.11
120	5.07	2.78	45.17
140	5.07	2.71	46.55
160	5.07	2.88	43.20

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง

ตารางที่ 3.11 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่เตรียมขึ้นโดย โพลีเอทิลีนเพอร์เมอแกนด ปริมาณ 50 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 900°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 2 - 4			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
10	4.76	0.73	84.66
20	4.76	3.67	22.90
30	4.76	4.07	14.50
40	4.76	4.05	14.92
50	4.76	4.22	11.34
60	4.76	4.23	11.13
70	4.76	4.39	7.77
80	4.76	4.44	6.72
100	4.89	4.65	4.91
120	4.89	4.87	0.41
140	4.89	4.80	1.84
160	4.89	3.96	19.02

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง



รูปที่ 3.2 แสดงเปรียบเทียบผลการทดสอบสารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้โพลีเอทิลีนเพอร์เมอแกนด ปริมาณ 50 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 300°, 500°, 700° และ 900°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

3.2.3 ผลการทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรอง โดยใช้ปริมาณโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้เคลือบเม็ดทราย 50 กรัมทำการเผาอุณหภูมิ 500°ซ. คงที่ เปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้เผาจาก 1-7 ชั่วโมง แสดงในตารางที่ 3.12-3.15 ตามลำดับ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กแสดงในรูปที่ 3.3

ตารางที่ 3.12 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตปริมาณ 50 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 3 - 1			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
20	5.30	0.11	97.92
40	5.30	0.35	93.40
60	5.30	0.33	93.77
80	5.30	1.06	80.00
100	5.19	1.12	78.42
120	5.19	0.89	82.85
140	5.19	0.78	84.97
160	5.19	0.88	83.04

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง

ตารางที่ 3.13 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตปริมาณ 50 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 3 - 2			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
20	5.21	0.00	100.00
40	5.21	0.34	93.47
60	5.21	0.63	87.91
80	5.21	0.90	82.73
100	5.25	0.89	83.05
120	5.25	1.24	76.38
140	5.25	1.20	77.14
160	5.25	1.18	77.52

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง

ตารางที่ 3.14 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตปริมาณ 50 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

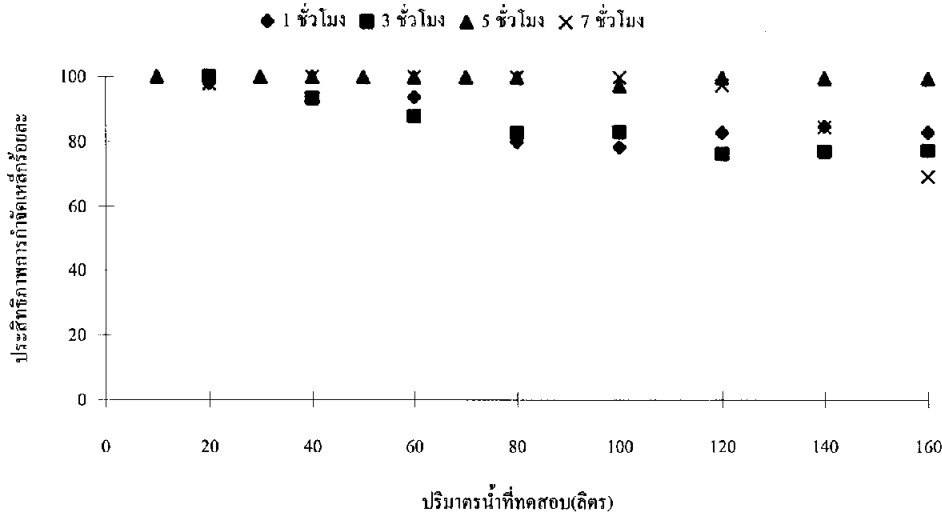
การทดลองที่ 3 - 3			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
10	5.08	0.00	100.00
20	5.08	0.00	100.00
30	5.08	0.00	100.00
40	5.08	0.00	100.00
50	5.08	0.00	100.00
60	5.08	0.00	100.00
70	5.08	0.00	100.00
80	5.08	0.00	100.00
100	5.11	0.13	97.46
120	5.11	0.00	100.00
140	5.11	0.00	100.00
160	5.11	0.00	100.00

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง

ตารางที่ 3.15 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตปริมาณ 50 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 7 ชั่วโมง และผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 3 - 4			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
20	4.93	0.11	97.77
40	4.93	0.00	100.00
60	4.93	0.00	100.00
80	4.93	0.00	100.00
100	5.00	0.00	100.00
120	5.00	0.12	97.60
140	5.00	0.76	84.80
160	5.00	1.53	69.40

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง



รูปที่ 3.3 แสดงเปรียบเทียบผลการทดสอบสารกรองที่เตรียมขึ้นโดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ปริมาณ 50 กรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 1, 3, 5 และ 7 ชั่วโมง

3.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเปรียบเทียบระหว่างสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองที่ 2.2.2 กับสารกรองของต่างประเทศ และทรายกรองธรรมดา แสดงในตารางที่ 3.16-3.19 ตามลำดับ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดเหล็ก แสดงในรูปที่ 3.4

ตารางที่ 3.16 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ได้จากสภาวะการเตรียมที่ดีที่สุด ณ อุณหภูมิการเผา 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

การทดลองที่ 4 - 1			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ
20	5.06	0.00	100.00
40	5.06	0.00	100.00
60	5.06	0.00	100.00
80	5.06	0.00	100.00
100	5.24	0.00	100.00
120	5.24	0.00	100.00
140	5.24	0.00	100.00
160	5.24	0.00	100.00
180	5.10	0.00	100.00
200	5.10	0.14	97.25
220	5.10	0.22	95.69
240	5.10	1.21	76.27

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง

ตารางที่ 3.17 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองต่างประเทศยี่ห้อ A และผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 4 - 2			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
20	4.93	0.00	100.00
40	4.93	0.00	100.00
60	4.93	0.00	100.00
80	4.93	0.00	100.00
100	4.71	0.00	100.00
120	4.71	0.00	100.00
140	4.71	0.00	100.00
160	4.71	0.00	100.00
180	4.71	0.00	100.00
200	5.05	0.00	100.00
220	5.05	0.40	92.08
240	5.05	1.00	80.20

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง

ตารางที่ 3.18 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองต่างประเทศยี่ห้อ B และผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 4 - 3			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
20	4.25	0.06	98.59
40	4.25	0.46	89.18
60	4.25	0.56	86.82
80	4.25	0.85	80.00
100	4.42	0.78	82.35
120	4.42	1.01	77.15
140	4.42	0.80	81.90
160	4.42	0.87	80.32

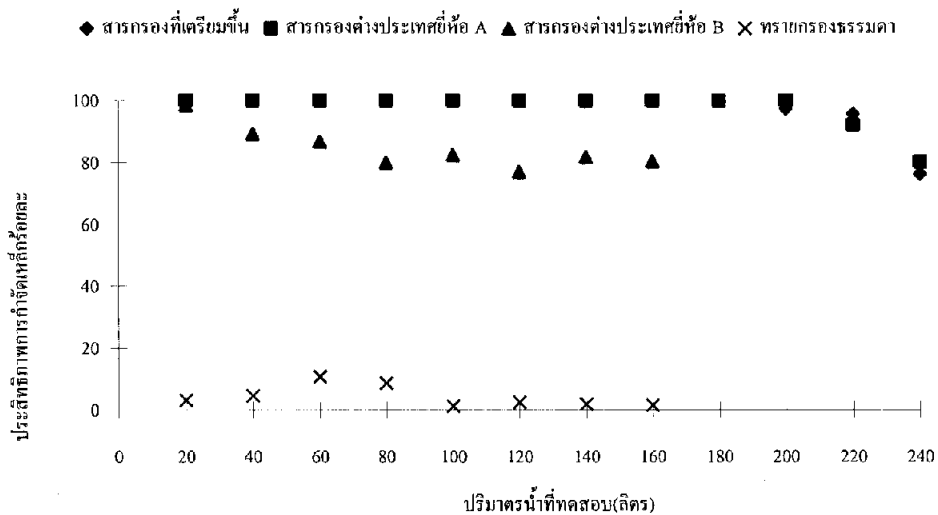
หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง



ตารางที่ 3.19 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของทรายกรองธรรมดา และผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 4 - 4			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
20	4.71	4.56	3.18
40	4.71	4.50	4.46
60	4.71	4.20	10.83
80	4.71	4.30	8.70
100	4.97	4.91	1.21
120	4.97	4.85	2.41
140	4.97	4.88	1.81
160	4.97	4.90	1.41

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง



รูปที่ 3.4 แสดงประสิทธิภาพการใช้งานเปรียบเทียบระหว่างสารกรองเคลือบผิวเมงกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้น กับสารกรองของต่างประเทศ และทรายกรองธรรมดา

3.4 ผลการทดสอบการใช้งานอย่างต่อเนื่อง เปรียบเทียบระหว่างสารกรองเคลือบผิวเมงกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นด้วยสถานะที่ดีที่สุดกับสารกรองของต่างประเทศ ทั้งนี้เพราะว่าสารกรองเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งแล้วประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กจะเริ่มลดลงจนหมดประสิทธิภาพ ต้องทำการฟื้นฟูประสิทธิภาพก่อนการใช้งานใหม่ แสดงในตารางที่ 3.20-3.21 ตามลำดับ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กแสดงในรูปที่ 3.5

ตารางที่ 3.20 แสดงผลการทดสอบการใช้งานต่อเนื่องของสารกรองที่เตรียมขึ้นด้วยสถานะที่ดีที่สุด

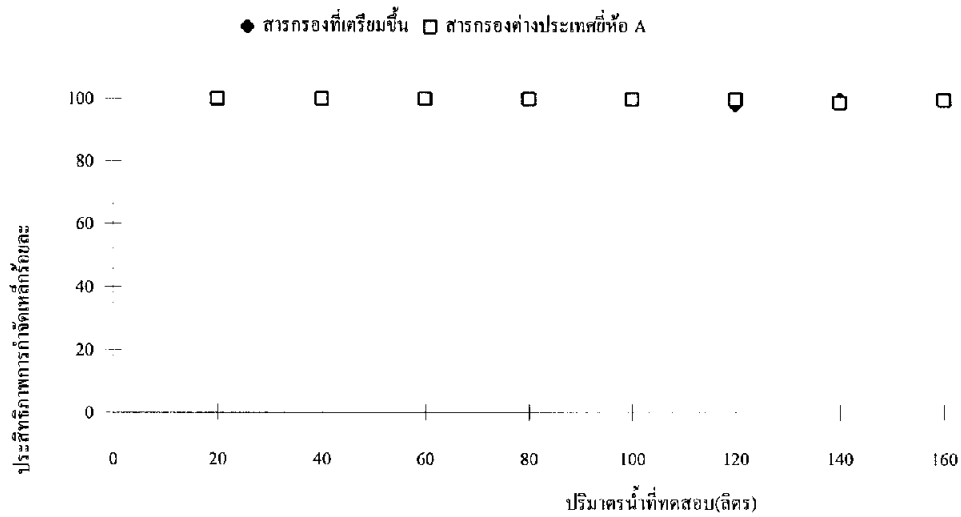
การทดลองที่ 5 - 1			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
20	4.64	0.00	100.00
40	4.64	0.00	100.00
60	4.64	0.00	100.00
80	4.64	0.00	100.00
100	4.56	0.00	100.00
120	4.56	0.08	98.25
140	4.56	0.00	100.00
160	4.56	0.00	100.00

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง

ตารางที่ 3.21 แสดงผลการทดสอบการใช้งานต่อเนื่องของสารกรองต่างประเทศยี่ห้อ A

การทดลองที่ 5 - 2			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัด เหล็กร้อยละ
20	4.33	0.00	100.00
40	4.33	0.00	100.00
60	4.33	0.00	100.00
80	4.33	0.00	100.00
100	4.32	0.00	100.00
120	4.32	0.00	100.00
140	4.32	0.04	99.07
160	4.32	0.00	100.00

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง) x 100 / ความเข้มข้นก่อนกรอง



รูปที่ 3.5 แสดงผลการทดสอบการใช้งานอย่างต่อเนื่อง เปรียบเทียบระหว่างสารกรองเคลือบผิวเมงกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นด้วยสถานะที่ดีที่สุดกับสารกรองของต่างประเทศ

3.5 ผลการทดสอบหาปริมาณเมงกานีสที่ละลายออกมาจากสารกรอง ของสารกรองเคลือบผิวเมงกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นด้วยสถานะที่ดีที่สุดและสารกรองของต่างประเทศเพื่อตรวจสอบปริมาณเมงกานีสที่ละลายออกมากับน้ำที่กรองได้ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.22

ตารางที่ 3.22 เปรียบเทียบปริมาณเมงกานีสที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำที่ผ่านการกรองด้วยสารกรองชนิดต่าง ๆ

ชนิดสารกรอง	ความเข้มข้นของสารเมงกานีส(มิลลิกรัม./ลิตร) ที่ปริมาตรการกรอง				
	ก่อนกรอง	20 ลิตร	40 ลิตร	60 ลิตร	80 ลิตร
สารกรองที่เตรียมขึ้น	0.24	0.08	0.04	0.02	0.06
ทราย	0.24	0	0	0	0.05
สารกรองต่างประเทศยี่ห้อA	0	0	0	0	0.07
สารกรองต่างประเทศยี่ห้อB	0	0.37	0.25	0.21	0.02

## บทที่ 4

### วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

#### 4.1 วิจารณ์ผล

##### 4.1.1 การศึกษาทดลองเบื้องต้น

4.1.1.1 การคัดขนาดทราย เนื่องจากทรายหยาบที่ซื้อมาจากร้านวัสดุก่อสร้างในเขต กรุงเทพมหานคร ประกอบด้วยเม็ดทรายหลายขนาดไม่เหมาะสมที่จะนำมาทำสารกรองที่ดีได้เพราะว่า สารกรองที่ใช้สำหรับกำจัดสารละลายเหล็กที่ดีต้องยอมให้น้ำไหลผ่านได้ดีและมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตร สูง ขนาดของเม็ดทรายที่เหมาะสมสำหรับทำสารกรองควรมีขนาด 1-2 มิลลิเมตร จากการคัดขนาด เม็ดทรายสามารถแยกขนาดเม็ดทรายที่นำไปทำสารกรองได้เพียงร้อยละ 30 เท่านั้น นั่นคือ ทราย หยาบ 1000 ลิตร ราคา 300 บาท เมื่อคัดขนาดแล้วมีเม็ดทรายที่ใช้ทำสารกรองได้ จำนวน 300 ลิตร

4.1.1.2 การเคลือบผิว การเคลือบผิวเม็ดทรายด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต โดยการ ระเหยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตให้เคลือบติดเม็ดทราย ต้องทำการคนพลิกเม็ดทราย ตลอดเวลา เพราะถ้าไม่ทำการคนพลิกโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต จะไม่เกาะติดเม็ดทราย ส่วน หนึ่งจะเกิดตะกรันเกาะติดที่ก้นถังเคลือบ อีกส่วนหนึ่งไอน้ำจะดันให้ลอยตัวไปเกาะติดอยู่ที่เม็ด ทรายส่วนบนของถังเคลือบ

##### 4.1.2 การทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์

###### 4.1.2.1 การทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรองโดยเปลี่ยนแปลงปริมาณ

โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้เคลือบเม็ดทรายตั้งแต่ 10-100 กรัม และทำการเผาที่อุณหภูมิคงที่ ที่ 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เมื่อนำสารกรองที่ได้ไปทดสอบการใช้งานให้ประสิทธิภาพในการ กำจัดสารละลายเหล็กในน้ำแตกต่างกัน สารกรองที่เตรียมขึ้นโดยการใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกา เนต 10 และ 30 กรัม มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำต่ำไม่เหมาะที่จะใช้เป็น สารกรองเพราะว่าโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตน้อยเกินไปการเคลือบติดไม่ดีไม่สม่ำเสมอ สาร กรองที่เตรียมขึ้นโดยการใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 50, 70 และ 100 กรัม มีประสิทธิภาพ ในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำสูงเหมาะที่จะใช้เป็นสารกรองเพราะว่าการใช้ โพแทสเซียมเปอร์ แมงกาเนตตั้งแต่ 50 กรัมขึ้นไปเคลือบเม็ดทรายจำนวน 1.2 ลิตร ให้ผลการเคลือบที่สม่ำเสมอและ เคลือบติดได้ดี แต่สารเคลือบที่มากกว่า 50 กรัมเป็นปริมาณที่เกินความจำเป็น

4.1.2.2 การทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรองโดยใช้ปริมาณโพแทสเซียมเปอร์ แมงกาเนตที่ใช้เคลือบเม็ดทราย 50 กรัมคงที่ เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใช้เผา จาก 300° - 900°ซ. และ ทำการเผาเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เมื่อนำสารกรองที่ได้ไปทดสอบการใช้งานให้ประสิทธิภาพในการ กำจัดสารละลายเหล็กในน้ำแตกต่างกัน สารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้ อุณหภูมิที่ทำการเผา

300°, 700° และ 900°ซ. มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำต่ำเพราะว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า 500°ซ. โปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตสลายตัวไม่หมดเกิดแมงกานีสไดออกไซด์ขึ้นน้อย และสารกรองที่เตรียมขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 500°ซ. โปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตสลายตัวเป็นสารประกอบอย่างอื่นมีแมงกานีสไดออกไซด์เกิดขึ้นน้อย สารกรองที่เตรียมขึ้นโดยใช้ อุณหภูมิที่ทำการเผา 500°ซ. มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำได้สูงสุด

**4.1.2.3 การทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรองโดยใช้ปริมาณโปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้เคลือบเม็ดทราย 50 กรัม และทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. คงที่ เปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้เผาจาก 1-7 ชั่วโมง** ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำแตกต่างกัน สารกรองที่เตรียมขึ้นโดยใช้ เวลาที่ทำการเผา 5 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำได้สูงสุด เพราะว่าการเผาที่เวลาน้อยกว่า 5 ชั่วโมง โปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตสลายตัวไม่หมดเกิดแมงกานีสไดออกไซด์ขึ้นน้อย และการเผาที่เวลามากกว่า 5 ชั่วโมงไม่มีผลต่อการสลายตัวของโปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ไปเป็นแมงกานีสไดออกไซด์

**4.1.3 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเปรียบเทียบระหว่างสารกรองที่เตรียมขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุดกับ สารกรองของต่างประเทศและทรายกรองธรรมดา** พบว่าทรายกรองธรรมดาไม่สามารถกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำได้ สารกรองของต่างประเทศยี่ห้อ B มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำได้ประมาณร้อยละ 80 - 90 แต่สารกรองที่เตรียมขึ้นและสารกรองของต่างประเทศยี่ห้อ A มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำได้ประมาณร้อยละ 100 ที่ช่วงปริมาตรการกรอง 200 ลิตร และประสิทธิภาพเริ่มลดลงพร้อมกันหลังจากปริมาตรการกรองมากกว่า 200 ลิตร

**4.1.4 การทดสอบการใช้งานอย่างต่อเนื่องเปรียบเทียบระหว่างสารกรองที่เตรียมขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุดกับสารกรองของต่างประเทศ** เนื่องจากสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์เมื่อใช้ไปนานๆ แมงกานีสไดออกไซด์ ( $MnO_2$ ) จะเปลี่ยนเป็นแมงกานีสออกไซด์ ( $Mn_2O_3$ ) และจะเกิดการหมดประสิทธิภาพชั่วคราวต้องนำมาฟื้นฟูประสิทธิภาพใหม่โดยการแช่ในสารละลายโปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแมงกานีสออกไซด์ ( $Mn_2O_3$ ) กลับคืนเป็นแมงกานีสไดออกไซด์ตามเดิม การทดสอบประสิทธิภาพสารกรองที่เตรียมขึ้นและสารกรองของต่างประเทศยี่ห้อ A หลังการหมดประสิทธิภาพชั่วคราว โดยนำไปแช่ในสารละลายเหล็กเข้มข้นเพื่อให้หมดประสิทธิภาพชั่วคราวแล้วนำมาฟื้นฟูประสิทธิภาพใหม่(Regeneration) โดยการแช่ในสารละลายโปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต แล้วล้างสารกรองให้สะอาด นำมาทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำพบว่าให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำได้ประมาณร้อยละ 100 เหมือนกับการใช้งานตอนเริ่มต้น แสดงว่าสารกรองที่เตรียมขึ้นและสารกรองของต่างประเทศยี่ห้อ A สามารถที่จะใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง โดยการนำมาฟื้นฟูประสิทธิภาพใช้งานใหม่เมื่อสารกรองหมดประสิทธิภาพชั่วคราว

4.1.5 การทดสอบหาปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกจากสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นด้วยสถานะที่ดีที่สุดกับสารกรองของต่างประเทศ พบว่าเมื่อนำมากรองน้ำประปาแมงกานีสละลายออกมาน้อยมาก ไม่ทำให้ปริมาณสารแมงกานีสในน้ำเพิ่มขึ้นในขณะใช้สารกรองกรองน้ำ

#### 4.2 สรุปผลการทดลอง

การเตรียมสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์เพื่อกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำ โดยการใช้ทรายเป็นตัวพุง สามารถเตรียมได้จากเม็ดทรายขนาด 1 – 2 มม. โดยนำไปทำความสะอาดแล้วทำการเคลือบเม็ดทรายด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ในอัตราส่วนเม็ดทราย 1.2 ลิตร ต่อโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 50 กรัม การเคลือบเม็ดทรายทำโดยละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตให้เป็นสารละลายก่อนแล้วนำสารละลายที่ได้มาผสมรวมกับเม็ดทราย จากนั้นให้ความร้อนเพื่อระเหยเอาน้ำออก เมื่อเม็ดทรายเริ่มหมาด ให้คนคลุกตลอดเวลาจนกระทั่งเม็ดทรายเคลือบแห้งแล้วนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง หลังจากการล้างเอาเขม่าและขี้เถ้าออกก็จะได้สารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำได้ดี เทียบเท่าสารกรองคุณภาพดีของต่างประเทศ สารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมได้นี้ เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งแล้วแมงกานีสไดออกไซด์( $MnO_2$ ) จะเปลี่ยนเป็นแมงกานิกออกไซด์( $Mn_2O_3$ ) จะเกิดการหมดประสิทธิภาพชั่วคราว และสามารถนำกลับมาฟื้นฟูประสิทธิภาพการใช้งานใหม่ได้อีก โดยการแช่ในสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยน แมงกานิกออกไซด์( $Mn_2O_3$ ) กลับคืนเป็นแมงกานีสไดออกไซด์( $MnO_2$ ) อย่างเดิม และจากการตรวจสอบผลการละลายของแมงกานีสที่ออกจากสารกรองเมื่อนำสารกรองไปใช้กรองน้ำประปา พบว่ามีการละลายออกมาน้อยมากไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานน้ำดื่มของการประปานครหลวง

สารกรองที่ใช้กำจัดสนิมเหล็กในน้ำบาดาลที่สั่งซื้อจากต่างประเทศมีราคาขายตั้งแต่ 90 – 100 บาท/ลิตร แต่สารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ที่ผลิตขึ้นเองมีราคาต้นทุนการผลิตไม่เกิน 20 บาท/ลิตร เมื่อรวมค่าการตลาดประมาณร้อยละ 35 จะมีราคาขายประมาณ 27 บาท/ลิตร และหากมีการผลิตเพื่อการค้าครั้งละมากๆ ต้นทุนการผลิตจะลดต่ำลงอีก การวิจัยและพัฒนาเรื่องนี้เป็นแนวทางส่งเสริมให้มีการผลิตเพื่อการค้า ช่วยลดการนำเข้าสารกรองจากต่างประเทศ และทำให้ราคาถูกลง มีการนำสารกรองมาใช้อย่างกว้างขวาง สามารถแก้ปัญหาให้กับผู้ใช้น้ำบาดาลได้

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ ได้รับการสนับสนุน ให้คำแนะนำปรึกษาและตรวจแก้ไขเอกสารรายงานผลการวิจัยจาก ดร.สุจินดา โชติพานิช ผู้อำนวยการกอง กองการวิจัย และนายอนุชิต กิจสวัสดิ์ หัวหน้ากลุ่มวิจัยและพัฒนา 1 ได้รับการอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อหาปริมาณเหล็กด้วยเครื่อง Atomic absorption spectroscopy(AA) จากนางสุจินต์ พรราวพันธุ์ และได้รับการช่วยเหลืองานทั่วไปในห้องปฏิบัติการจากนายวิชาญ วันโพนทอง และนายนพดล สิงห์สุวรรณ

คุณานุคุณของท่านที่กล่าวมานี้ จักพึงรำลึกถึงไว้เสมอและใคร่ขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. มั่นสิน ตัณฑุทเวศม์. **วิศวกรรมการประปา**. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2527.
2. Arthur I. Vogel, D.Sc. (Lond.). **Quantitative inorganic analysis**. Lowc & Brydone Ltd. ,London. 1968.
3. Barnes, D. **Water and wastewater engineering systems**. Pitman Books,London. 1981.
4. D.K.Siamphan (1993) co.,ltd. **Technical data, S.R.Lee Manganese zeolite**. D.K.Siamphan (1993) co.,ltd. Bangkok.
5. Inversand company. **Technical data, Manganese green sand**. **Inversand company**. Clayton, New Jersey 08312 USA.
6. J & B Chemicals. **Technical data, Manganese sand**. **J & B Chemicals**. P.O. Box 16013 Loveland Colorado 80539 USA.
7. Philip John Durrant. **Introduction to advanced inorganic chemistry**. Williamclowers and sons,limited,London. 1961.
8. Purolite. **Technical data, Manganese Zeolite**. The Purolite Company Bala Cynwyd, PA 19004.
9. Sanks,R.L. **Water treatment plant design for the practicing engineer**. 3<sup>rd</sup> printing, Ann Arbor Science. 1980.
10. Unitech co.,ltd. **Technical data, Zeomangan manganese zeolite**. Unitech co.,ltd. Bangkok.